

**CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA  
ELABORAÇÃO DE ESTUDO, PROJETO EXECUTIVO E  
PACOTE TÉCNICO PARA LICITAÇÃO DE OBRAS DE  
AFASTAMENTO DO ESGOTO DO BAIRRO ESTÂNCIA DO  
PORTO VELHO – JACAREÍ/SP.**

**CONTRATO N°: 017/2018**

**SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES)**

**RELATÓRIO R-4 – TOMO 2 – PROJETO ESTRUTURAL DAS  
ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO**

**DOCUMENTO N° 01718-RT-EEE-ES-01**

**EDIÇÃO: FINAL**

**RESTELO CONSTRUÇÕES E CONSULTORIA LTDA**

CONTRATO N° 017/2018	ELABORAÇÃO DE ESTUDO, PROJETO EXECUTIVO E PACOTE TÉCNICO PARA LICITAÇÃO DE OBRAS DE AFASTAMENTO DO ESGOTO DO BAIRRO ESTÂNCIA DO PORTO VELHO – JACAREÍ/SP	
AE 01718-RT-EEE-ES-01-R0.DOC	REVISÃO: 0	DATA: OUTUBRO / 2018
RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Civil Eduardo Melim Ferreira		CREA: 5068995371 SP

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	2
APRESENTAÇÃO.....	3
1. Introdução .....	5
2. Memorial de Cálculo do Projeto Estrutural.....	5
2.1 Escopo Geral.....	5
2.2 Modelo de cálculo .....	6
2.2.1 Propriedades dos Materiais .....	8
2.2.2 Apoios.....	8
2.2.3 Carregamentos .....	8
2.2.4 Caixa diâmetro 150cm interno.....	9
2.3 Resultado de Cálculo .....	11
2.3.1 Caixa diâmetro 150cm interno.....	11
2.4 Dimensionamento.....	12
2.4.1 Armadura Mínima .....	12
2.4.2 Armadura ELU .....	12
2.4.3 Armadura ELS .....	12
2.4.4 Dispensa da Armadura de Cisalhamento .....	12
2.4.5 Armadura Caixa 150cm diâmetro interno.....	13
2.4.6 Dispensa Armadura Cisalhamento .....	14
2.4.7 Croquis das Estruturas.....	14
3. Definição da Solução Estrutural .....	16
4. Desenhos.....	168
5. Bibliografia .....	19

## APRESENTAÇÃO

O presente trabalho constitui parte do objeto do Contrato 017/2018 - Contratação de empresa especializada para elaboração de estudo, projeto executivo e pacote técnico para licitação de obras de afastamento do esgoto do bairro Estância Porto Velho, na cidade de Jacareí/SP, conforme escopo abaixo descrito:

- Estudos de Consolidação dos sistemas de esgotamento sanitários (R1);
- Serviços topográficos e cadastrais (R2 - Tomo 1);
- Serviços de prospecções geotécnicas (R2 – Tomo 2);
- Projeto Hidráulico das Redes Coletoras, Emissário, Coletor Tronco, Interligações e Travessias Especiais (MND) (R3);
- Projeto Executivo Estações Elevatórias e Linha de Recalque (R4 – Tomo 1);
- Projeto Estrutural das Elevatórias (R4 – Tomo 2);
- Projeto Executivo das instalações elétricas das Estações Elevatórias, instrumentação e telemetria (R4 – Tomo 3);
- Pareceres Geotécnicos do Emissário, Coletores Tronco, Redes Coletoras, Estações Elevatórias de Esgoto e Travessias especiais (R5);
- Relatório de Licenciamento Ambiental (R6);
- Relatório de Documentos para desapropriação (R7);
- Relatório Final (RF).

Fazem parte deste relatório (*Relatório 4 – Tomo 2 – Projetos de Estruturas das Elevatórias*), as informações referentes aos projetos de estruturas das elevatórias, recalque e singularidades do coletor, interligações e rede de esgotos no bairro Estância Porto Velho, na cidade de Jacareí/SP.

***Equipe Técnica***

<b>Profissional</b>	<b>Formação / Participação no Projeto</b>
Josué Dagoberto Ferreira	Eng°. Civil / Coordenador Geral do Projeto
Eduardo Melim Ferreira	Eng°. Civil / Responsável Técnico do Projeto
Guilherme Melim ferreira	Eng°. Civil / Responsável Técnico do Projeto
Renan Caleffi Quintino	Eng°. Civil / Responsável Projeto
Carla Aparecida Arenhart	Tec. Em Meio Ambiente / Relatórios
Rafael Ferreira	Topógrafo-Geomensor / Responsável Técnico Levantamento Topográfico

## 1. Introdução

Este memorial apresenta os memorial de cálculo do projeto estrutural de instalação das Estações Elevatórias de Esgoto do Bairro Estância do Porto Velho na Cidade de Jacareí/SP.



Figura 1 – Imagem aérea localização das Elevatórias

## 2. Memorial de Cálculo do Projeto Estrutural

### 2.1 Escopo Geral

Este presente documento apresenta os procedimentos de cálculo e dimensionamento aplicados as estações elevatórias circulares a implantar no Bairro Estância do Porto Velho no município de Jacareí/SP. Para efeito dos esforços, adotou-se a EE-04 que possui maior profundidade (6,55 m) para o dimensionamento estrutural das estações. Como a armadura é verificada a fissuração, o que acaba preponderando no detalhamento e escolha da ferragem principal a ser utilizada, não há alteração significativa em menores profundidades.

## 2.2 Modelo de cálculo

Para desenvolvimento do modelo estrutural utilizou-se o modelamento numérico via Método dos Elementos Finitos – MEF por meio de elementos quadriláteros de quatro nós com seis graus de liberdade por nó. Para condição de apoio, foram adotados apoios elásticos com constante vertical e restrição nos movimentos horizontais como detalhado neste documento.

Os carregamentos foram gerados com distribuição triangular de pressão atuante pelo solo externo e empuxo de água interno.

Para determinação da geometria, considerou-se a planta de formas elaborada, como apresentado nas figuras 2 e 3. O modelo considera o eixo entre paredes para sua definição.

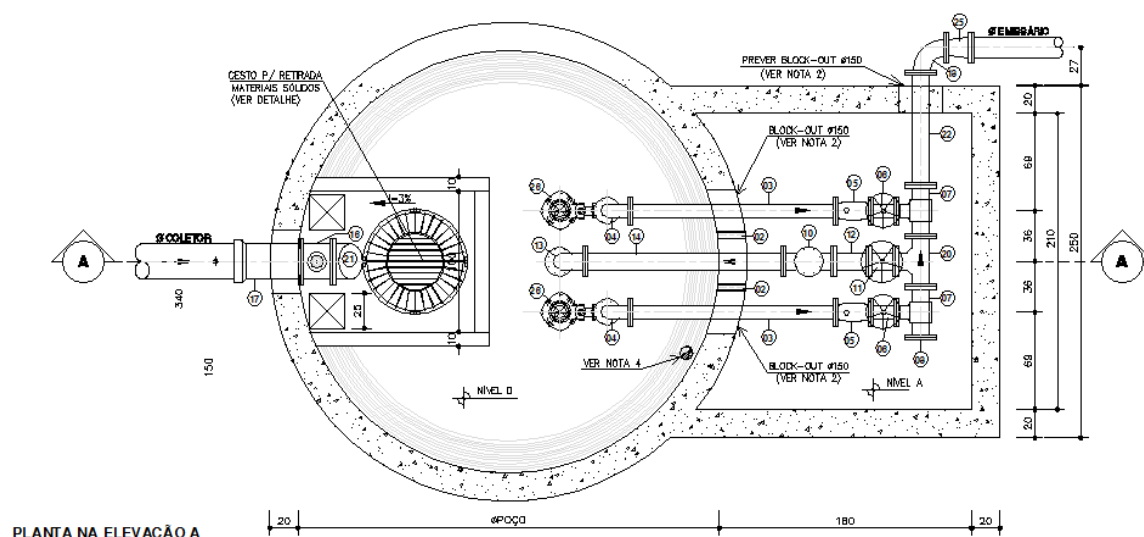


Figura 2 – Planta de Formas em vista superior

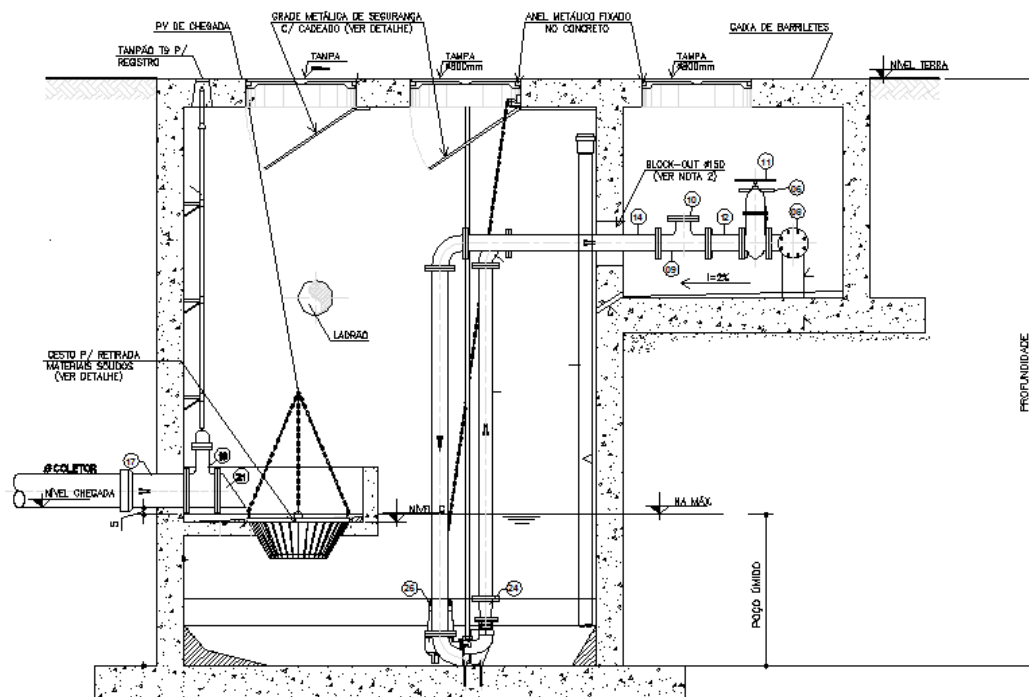


Figura 3 – Planta de Formas em vista superior

A figura 4 apresenta o modelo de cálculo elaborado com elementos quadriláteros simples de quatros nós.

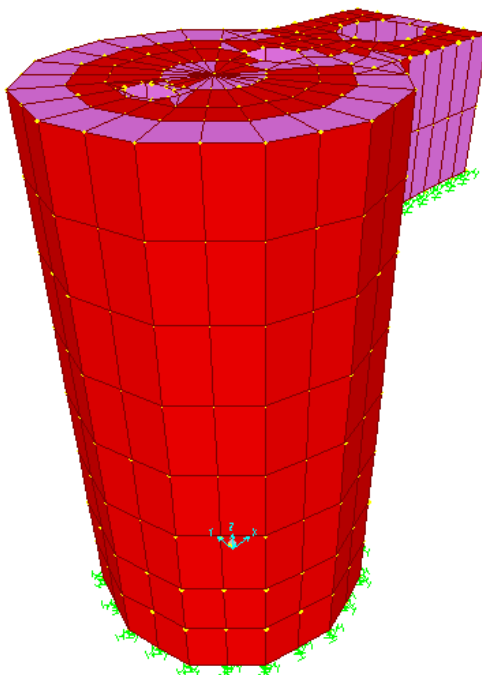


Figura 4 - Modelo de cálculo por elementos finitos para o reservatório de 1,50m de diâmetro interno

### 2.2.1 Propriedades dos Materiais

Para constituição do modelo considerou-se as seguintes propriedades dos materiais:

**Concreto:**

Classe C30 MPa

Módulo de Elasticidade Secante (Ecs):

$$E_{cs} = 0.85 \cdot 5600 \sqrt{f_{ck}}$$

$$E_{cs} = 23.8 GPa$$

Peso Específico: 25kN/m³

**Aço**

Classe CA50

Tensão de Escoamento: 500MPa

Módulo de Elasticidade: 210GPa

**Solo**

Peso Específico Saturado: 21kN/m³

Coeficiente de Empuxo em repouso: 0.50

**Brita**

Peso Específico: 22kN/m³

### 2.2.2 Apoios

A laje de fundo terá espessura de 25 centímetros, as paredes e tampas terão espessura de 20 centímetros.

### 2.2.3 Carregamentos

Os carregamentos foram divididos em carregamentos permanentes e variáveis.



**Carregamentos Permanentes:**

- Peso Próprio da Estrutura: considerada automaticamente pelo modelo de cálculo
- Empuxo do solo: Considera-se a distribuição triangular das tensões na parede da estrutura, com presença do Nível d'água.
- Peso da Brita na Laje de Cobertura:  $0,40 \cdot 22 = 8,8 \text{ kN/m}^2$

**Carregamentos Variáveis::**

- Peso de Água:  $1,50 \cdot 10 = 15 \text{ kN/m}^2$  na laje de fundo.
- Empuxo de água: distribuição triangular com altura da lâmina de água de 1,50m em toda a estrutura (interna).
- Empuxo de solo submerso com distribuição triangular e pressão neutra até a superfície.
- Sobrecarga de trabalho na laje de cobertura:  $3 \text{ kN/m}^2$

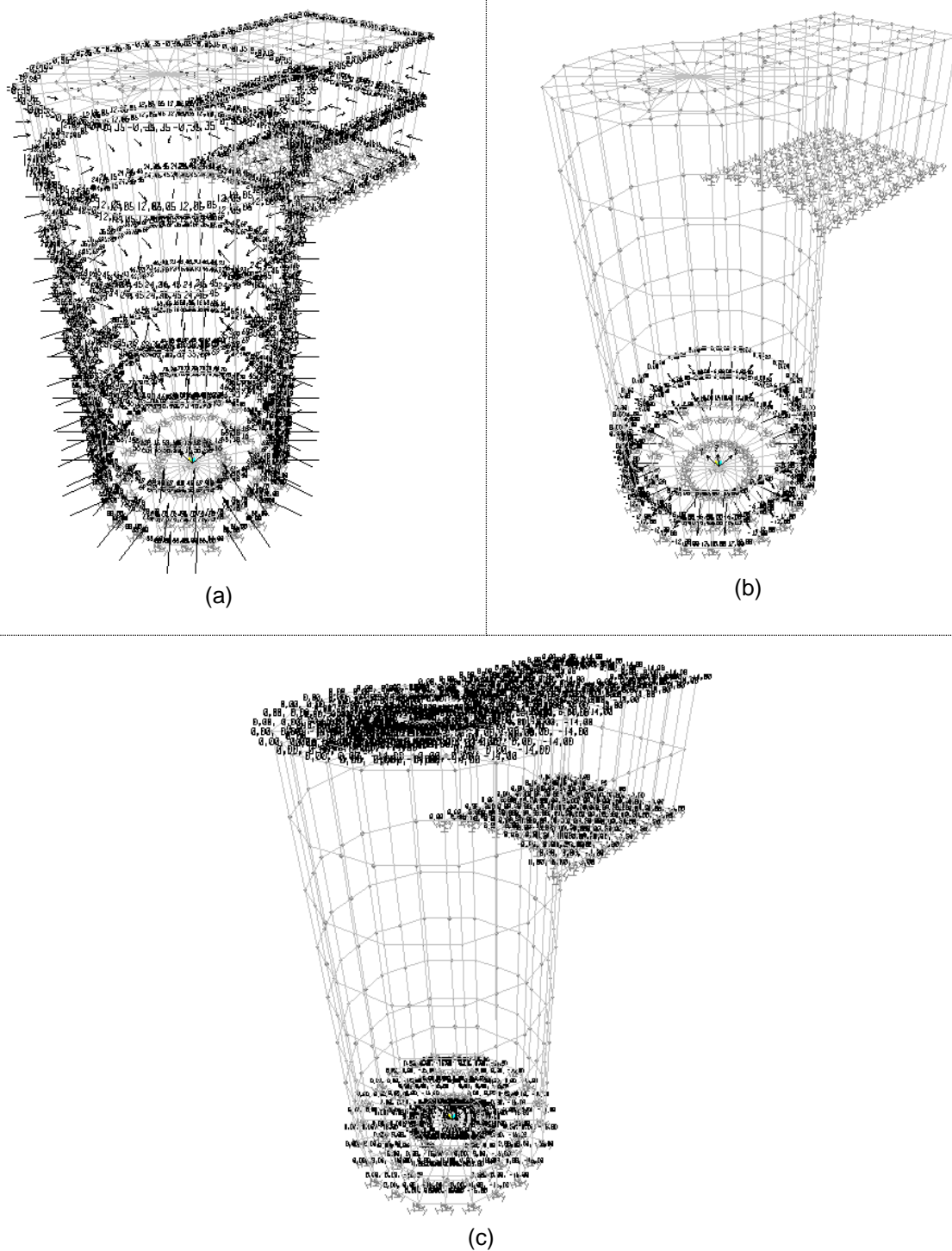
**Combinações::**

Foram consideradas as seguintes combinações para determinação dos esforços:

- PP+Solo
- PP+Água (interna)+Sobrecarga (SC)
- PP+Solo+SC
- Envoltória das Combinações

**2.2.4 Caixa diâmetro 150cm interno**

A figura 5 apresenta a ilustração dos carregamentos no modelo computacional.



**Figura 5 - Carregamentos no modelo de cálculo (a) empuxo externo, (b) empuxo interno, (c) sobrecargas verticais na tampa e fundo**

## 2.3 Resultado de Cálculo

### 2.3.1 Poço diâmetro 150cm interno

Os resultados estão apresentados em forma de esforços axiais e momentos fletores, como ilustrado nas figuras 6 e 7.

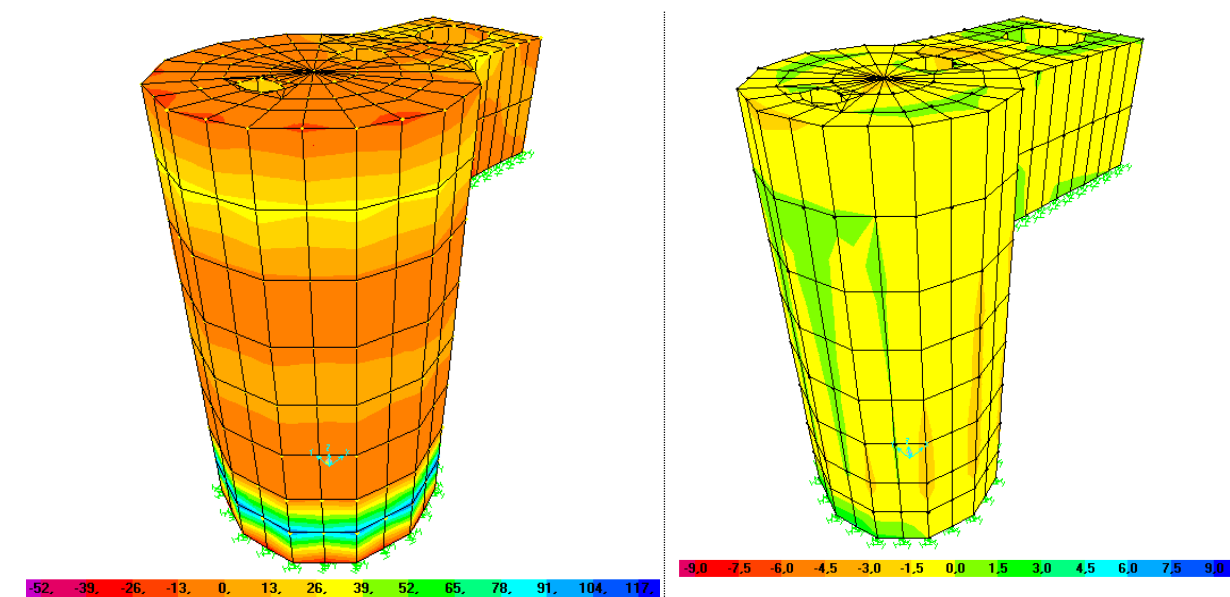


Figura 6 - Esforços axiais e Momentos fletores  $M_{xx}$

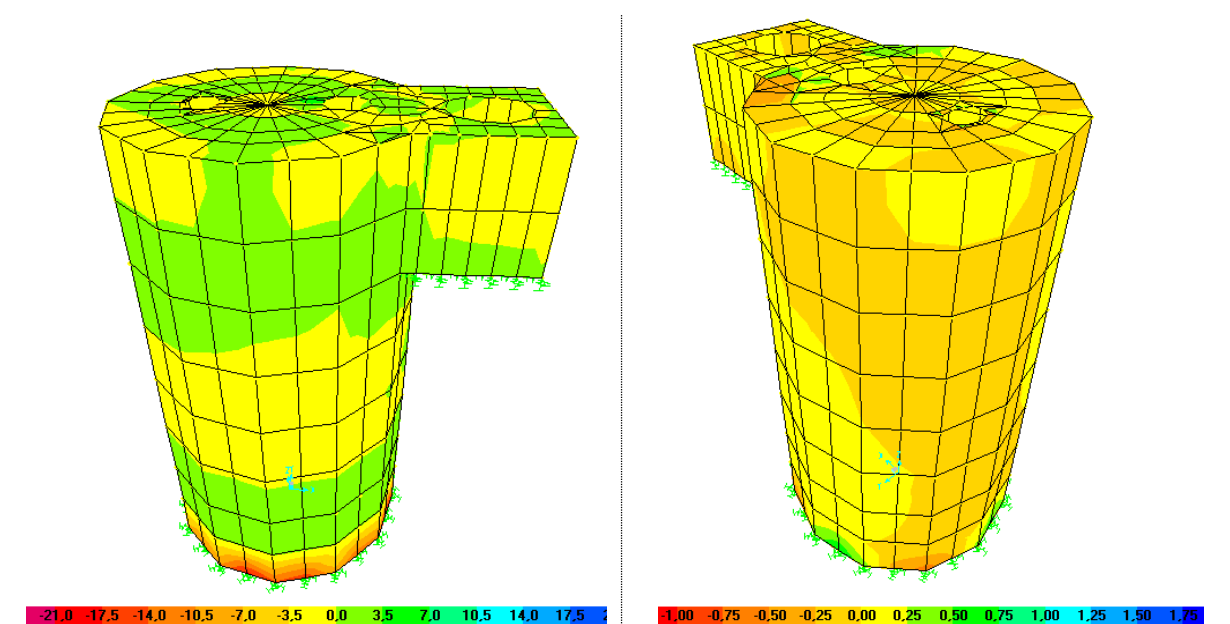


Figura 7 – Momentos fletores  $M_{yy}$  e tensões cisalhantes máximas

## 2.4 Dimensionamento

Para dimensionamento efetuar-se-á a verificação pelas condições abaixo:

- armadura mínima
- armadura ELU
- armadura ELS – considerando abertura de fissura limite de 0.1mm

### 2.4.1 Armadura Mínima

Para o presente caso, considera-se para fins de armadura mínima submetida à flexão a taxa de armadura de 0.25% da área de concreto.

Paredes e tampas de 20cm:  $0,0025 \cdot 100 \cdot 20 = 5,00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Laje de 20cm e paredes de 20cm:  $0,0025 \cdot 100 \cdot 25 = 6,25 \text{ cm}^2/\text{m}$

### 2.4.2 Armadura ELU

Para atendimento ao Estado Limite Último, considera-se a favor da segurança o dimensionamento simplificado pela seguinte relação:

$$As = \frac{F_d}{f_{yd}} + \frac{M_d}{Z f_{yd}}$$

### 2.4.3 Armadura ELS

Segundo as recomendações da NBR 6118, pode-se dispensar a verificação de abertura de fissuras caso seja limitado a tensão de serviço na armadura para os seguintes valores:

Armadura 8.0mm: 310MPa

Armadura 10.0mm: 275MPa

Armadura 12.5mm: 220MPa

### 2.4.4 Dispensa da Armadura de Cisalhamento

Será efetuado uma verificação simplificada, a favor da segurança para garantir a dispensa de armadura de cisalhamento, adotando-se a seguinte expressão:

$$V_{Rd,f} = [C_{Rd,f} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$V_{Rd,c} = 3,24 MPa$$

#### 2.4.5 Armadura Caixa 150cm diâmetro interno

A tabela abaixo apresenta a envoltória dos esforços mais solicitantes na estrutura.

Area	F11	F22	M11	M22	V13	V23
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m	KN/m	KN/m
957	-53,76	-103,92	-2,27	-14,23	-0,02	-27,75
721	-13,19	-8,08	14,01	2,24	-28,66	-12,20
729	-37,65	-3,09	-12,81	-6,76	15,61	22,68

#### Condição ELU

$$As_x = \frac{F_d}{f_{yd}} + \frac{M_d}{Z f_{yd}}$$

$$As_x = \frac{1,73}{2} + 3,51$$

$$As_x = 4,38 cm^2$$

Como a armadura é inferior a mínima, adotar-se-á 5cm²/m.

$$As_y = \frac{F_d}{f_{yd}} + \frac{M_d}{Z f_{yd}}$$

$$As_y = \frac{0,27}{2} + 3,46$$

$$As_y = 3,59 cm^2$$

Como a armadura é inferior a mínima, adotar-se-á 5cm²/m.

#### Condição ELS

Admitindo malha base de 8mm

$$As, x = \frac{F_s}{f_y} + \frac{M_s}{Z f_y}$$

$$As, x = 4,97 \text{ cm}^2$$

$$As, y = \frac{F_s}{f_y} + \frac{M_s}{Z f_y}$$

$$As, y = 4,89 \text{ cm}^2$$

Como a armadura é inferior a mínima, adotar-se-á 5cm<sup>2</sup>/m.

*Obs.: Para a laje de fundo adotar-se-á armadura de 8mm a cada 10cm nas duas direções e nas faces superior e inferior.*

#### 2.4.6 Dispensa Armadura Cisalhamento

Como a tensão de cisalhamento máxima obtida foi de 880kPa (ver figura 8), a tensão de cálculo máxima (1,40\*880=1232kPa) é inferior a calculada pela expressão anterior, estando portanto, dispensada a necessidade de armadura de cisalhamento.

#### 2.4.7 Croquis das Estruturas

As figuras abaixo apresentam de forma simplificada o detalhamento típico adotado para a estrutura.

#### Descrição das Armaduras

Caixa diâmetro 150cm

POSIÇÃO	BITOLA mm
N1	8.0
N2	8.0
N3	8.0
N4	8.0
N5	8.0
N6	8.0
N7	8.0
N8	8.0
N9	10
N10	8.0

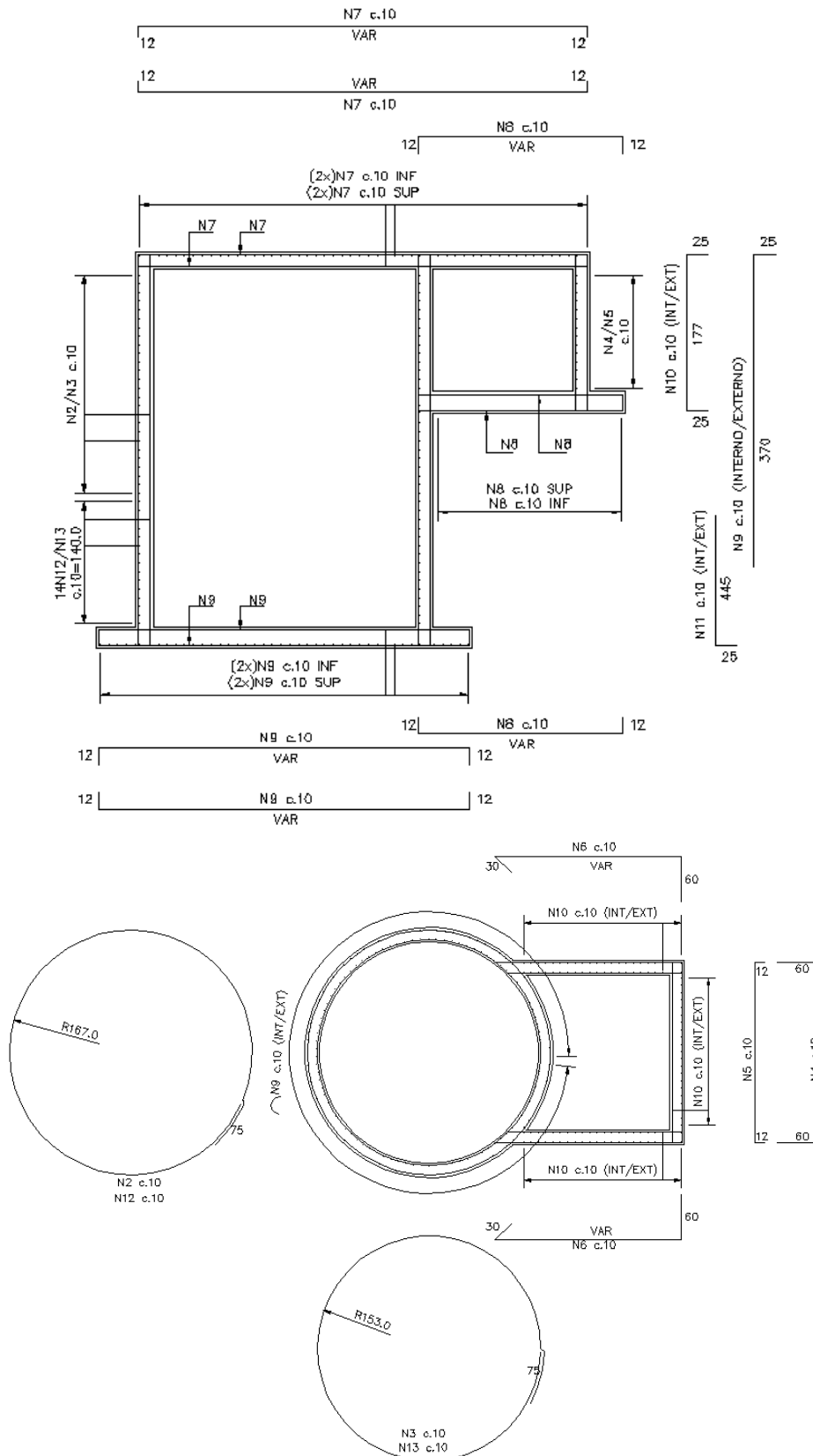


Figura 8 - Croqui armadura caixas diâmetro interno 150cm

### 3. Definição da Solução Estrutural

A estrutura foi dimensionada em concreto armado e deverá ser moldada in loco, a execução deverá seguir as seguintes etapas:

- Marcação, locação da estrutura com gabarito e isolamento da área com tapumes e telas de proteção;
- Escavação mecânica da vala com sobre-largura mínima de 50/60 cm;
- Esgotamento da vala com bomba manual, em caso da presença constante de lençol freático utilizar conjunto de rebaixamento. O rebaixamento do lençol deverá ser permanente durante a execução das obras, permanecendo 24 horas ligado até a conclusão da estrutura e removido somente quando da etapa de reaterro da vala;
- Escoramento da vala, adotando estaca prancha para escavações até 3,50 metros de profundidade. Caso a cota de assentamento da estação esteja acima desta profundidade adotar o escoramento hamburguês (metálico-madeira). Deverá ser executado travamento entre as paredes da vala, evitando desmoronamento e eventual ruptura da estrutura de escoras;
- Executar camada de regularização de 5 cm no fundo da cava com concreto magro. No caso de instabilidade do terreno, remover uma camada de 30/50 cm do material e regenerar com rachão para estabilizar;
- As formas deverão ser do tipo metálicas ou de compensado plastificado tipo “madeirit” para um melhor acabamento. Observar o travamento das mesmas com escoras nas laterais da vala e parafusos passantes para evitar abertura/estufamento das mesas;
- A montagem das armaduras deverá utilizar espaçadores de concreto para garantir o cobrimento de projeto;
- A concretagem poderá seguir as seguintes etapas: fundo, paredes em panos não maiores que 2,00 metros e laje de cobertura;



- As juntas de concretagem deverão estar limpas, isentas de partículas e apicoadas de forma a remover a nata do concreto;
- As formas laterais não poderão ser removidas antes de 3 (três) dias e a laje de cobertura deverá permanecer escorada por um período mínimo de 28 (vinte e oito) dias.

#### 4. Desenhos

Nº DO DESENHO	REV	DESCRIÇÃO	FOLHAS
01718-DE-EEE-ES-001	A	Projeto Executivo – Estância do Porto Velho EEE-EPV-01 - Projeto Estrutural - Formas, Armação e Detalhes	1
01718-DE-EEE-ES-002	A	Projeto Executivo – Estância do Porto Velho EEE-EPV-02 - Projeto Estrutural - Formas, Armação e Detalhes	1
01718-DE-EEE-ES-003	A	Projeto Executivo – Estância do Porto Velho EEE-EPV-03 - Projeto Estrutural - Formas, Armação e Detalhes	1
01718-DE-EEE-ES-004	A	Projeto Executivo – Estância do Porto Velho EEE-EPV-04 - Projeto Estrutural - Formas, Armação e Detalhes	1
01718-DE-EEE-ES-005	A	Projeto Executivo – Estância do Porto Velho EEE-EPV-05 - Projeto Estrutural - Formas, Armação e Detalhes	1
01718-DE-EEE-ES-006	A	Projeto Executivo – Estância do Porto Velho EEE-EPV-06 - Projeto Estrutural - Formas, Armação e Detalhes	1

## 5. Bibliografia

1. NBR-6122 – Projeto e Execução de Fundações. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.
2. NBR-7480 – Barras e Fios de Aço destinados a Armaduras de Concreto Armado. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.
3. NBR-6118 – Projeto de Estruturas de Concreto Armado. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.
4. Cunha Moraes, Marcello da (1976). Estruturas de Fundações, Ed. Mcgraw do Brasil.
5. Chust Carvalho, Roberto; Rodrigues de Figueiredo Filho, Jasson (2015). Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado, 3ª Edição, Ed. UFSCar.
6. Godoy, N. S.; Teixeira, A. T. (1996). Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas. Fundação: Teoria e Prática, Hachich et AL. (Eds), Ed. Pini Ltda, São Paulo.
7. Velloso, Dirceu A.; Lopes, Francisco R. (2004). Fundações Volume 1. Critérios de Projeto – Investigação do Subsolo – Fundações Superficiais. Oficina de Textos, São Paulo.